Modulo 10-AHORROS EN EL MANEJO DEL AGUA

INFLUENCIA DEL % DE PURGA EN LA EFICIENCIA.

Como dijimos, el **% de purga sobre el agua de reposición** en una caldera, lo define la **calidad del agua de reposición, la presión y tipo de caldera, la calidad necesaria del vapor.**

Debemos de aclarar, que **el % de purga sobre el agua de reposición, se puede definir como el inverso de los ciclos de concentración** (a medida que el agua se concentra en la caldera, al evaporarse , dejando las sales en el agua de la caldera, llamamos ciclos de concentración (c.c.) : las veces que el agua concentra el valor de las sales del agua de reposición) . Así podemos definir a :

% purga = 1/c.c. x 100 (sobre agua de reposición)

Una vez establecido los parámetros de los límites químicos en una determinada caldera (presión, tipo de caldera y calidad del vapor), **el % de purga se define en relación a la calidad del agua de reposición. Veamos estos parámetros límites.**

1-El máximo de Total de Sales Disueltas (T.S.D. **ya fijado** para dicha caldera, por la presión, tipo de caldera, calidad del vapor), se **fijará un % de purga que estará en relación al T.S.D. del agua de reposición, o en algunos casos los define el máximo tolerable de Alcalilnidad Hidróxido o de Sílice acumulable** (**más los productos químicos necesarios para su tratamiento**, por lo que a menor cantidad de sales en el agua de reposición, menor será el % de purga) **y la incidencia en la cantidad agua a “tirar” estará al % del agua de reposición necesario** (es decir, que cuanto mayor sea el condensado de retorno, menor será la cantidad de agua a purgar, dado que se necesitará reponer menor cantidad de agua).

Purga caldera hora x (T.S.D. cald)= Agua Rep. hora x (T.S.D. rep.)

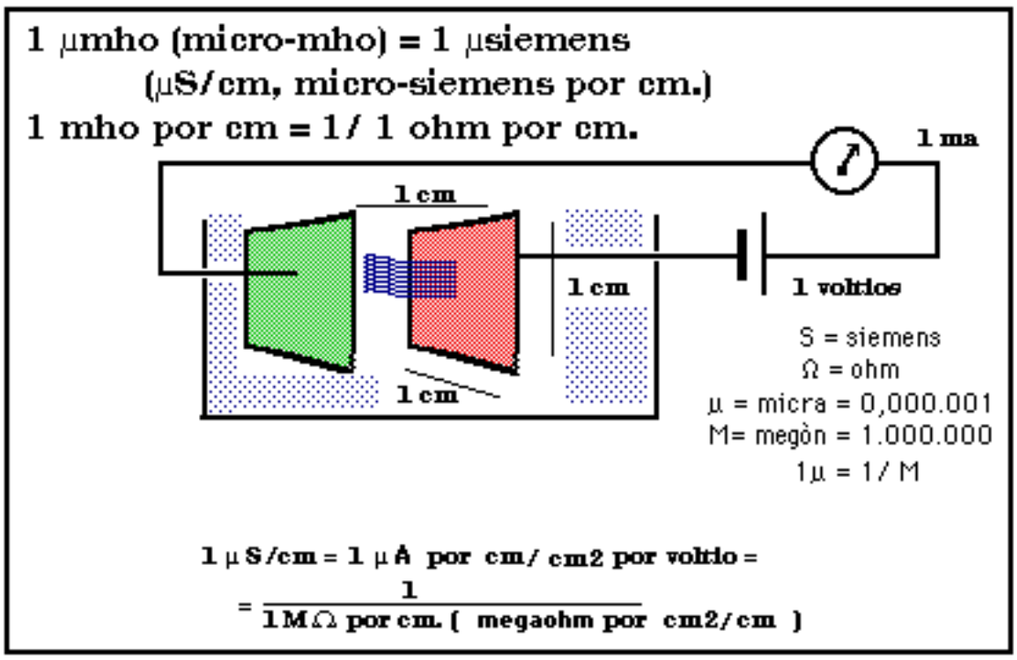
Se debe dejar en claro que el condensado de retorno no aporta salinidad (**si el condensado aportara sales, significa que hay contaminación, aunque muchas veces no son sales sino elementos orgánicos que afectan mucho la tenso-actividad de la caldera y con ello provocan problemas de circulación interna**) , por ello no está comprendido en la ecuación matemática, por lo que el agua de reposición, es lo que indica la palabra, el agua a reponer en el sistema de caldera junto con el condensado de retorno.

Una forma de controlar la salinidad (T.S.D. o Total de Sales Disueltas), **es el control de la conductividad del agua** y si en el agua de caldera se establece que 4.500 μsiemens (conductividad) = 3.000 ppm (partes por millón (generalmente en calderas humo-tubulares de hasta 10 kg/cm2), casi lo mismo que decir gramos por m3. de agua, miligramos por litro), o sea que una medida de conductividad se corresponde una cantidad determinada promedio de sales expresadas en ppm. **Esto nos permite controlar el máximo de ciclos** (de una manera sencilla) **de concentración establecido como T.S.D..** Se dá además, que si la “soda libre” aumenta, aunque no aumente la salinidad total del agua, **la conductividad aumenta** (si la quisiéramos corregir la lectura a ppm más reales, deberíamos bajar el PH con un ácido orgánico, como el pirogálico, que no aumenta la conductividad y baja el PH, permitiendo establecer los ppm reales de T.S.D., pero si no lo corregimos y nos guiamos por el equivalente de ppm, **purgaríamos la caldera porque rebasaría el límite establecido de ppm y esto nos protegería de la formación de espumas, arrastres o problemas internos de circulación provocados por la soda libre** (las ppm no serían reales, pero en realidad es la conductividad más importante que la propia salinidad en el control del agua de caldera).

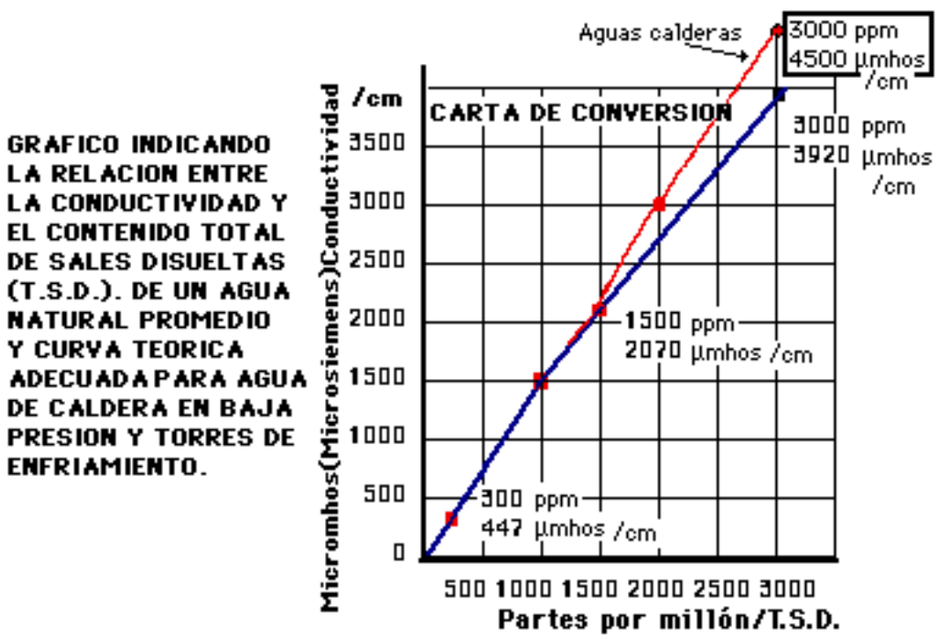
Estos conductivímetros, elementos que ahora son totalmente electrónicos (aunque todavía se usan galvanómetros), con display digitales, son económicos y nos permiten controlar las ppm (ó la conductividad), **no purgando innecesariamente ni faltando la purga necesaria.**

Veamos las relaciones de la medida de conductividad en el agua y su principio en forma visual:

Modulo 10-AHORROS EN EL MANEJO DEL AGUA


1 µmho (micro-mho) = 1 µsiemens
(µS/cm, micro-siemens por cm.)
1 mho por cm = 1/ 1 ohm por cm.
1 ma
1 cm
1 cm
1 cm
1 voltios
S = siemens
Ω = ohm
µ = micra = 0,000.001
M= megòn = 1.000.000
1µ = 1/ M
1 µS/cm = 1 µA por cm/ cm2 por voltio =
= 1 / 1MΩ por cm. (megaohm por cm2/cm)

Los electrodos (de metal no alterable) sumergidos en la muestra, son sometidos a corrientes alternas de relativa alta frecuencia, pera evitar que los mismos se polaricen (si pasara corriente continua, uno de los electrodos se cubriría con gases, que harían una lectura errónea) , además de los electrodos, tienen un sensor de temperatura, ya que la conductividad del agua varía con la temperatura (hay que corregir la lectura a un valor standard, como ser 25ºC).

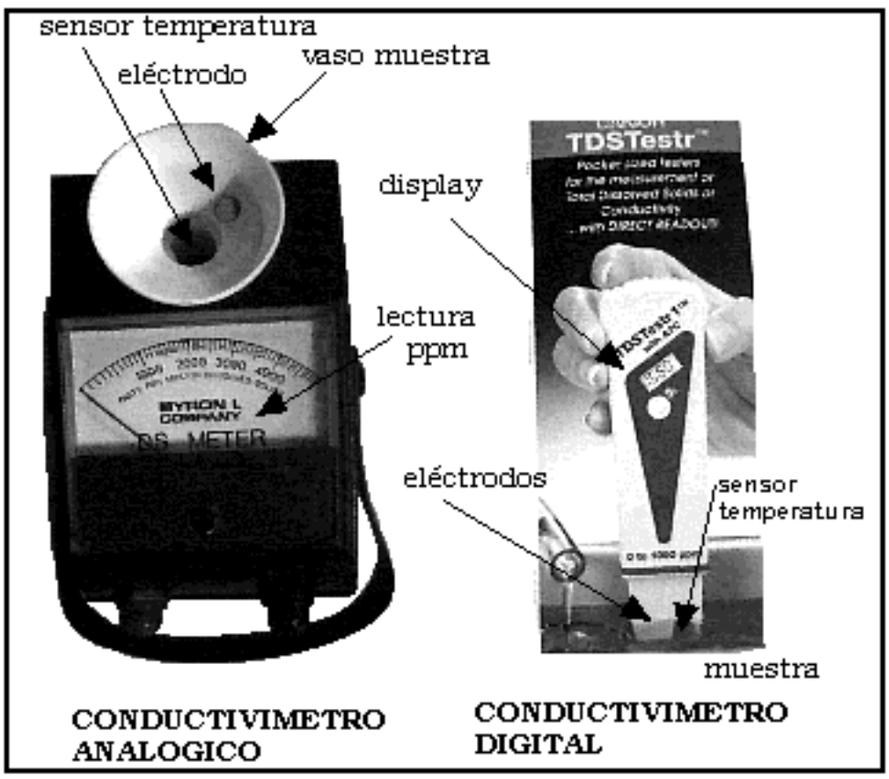


Por ejemplo: fijado un límite máximo de **T.S.D**. en **3.000 ppm**, (una caldera humo-tubular, trabajando a 10 Kg/cm2, con vapor saturado para uso de calefacción de proceso) si el agua de reposición tiene **200 ppm de T.S.D**. y el **tratamiento con sales es de 100 ppm** (fosfatos, sulfitos, no en el caso de volátiles como la hidracina, no aconsejable en procesos con contacto humano, se considera cancerígena), tendríamos que fijar el **límite del T.S.D.** en 3.000/(200+100)=**10 ciclos de concentración** (c.c.) o se 1/10 x100 = **10 % de purga sobre agua de reposición aprox**. (hay sales que en el interior de la caldera se descomponen, como los bicarbonatos, dando un valor un poco diferente, pero en la aproximación es suficiente).

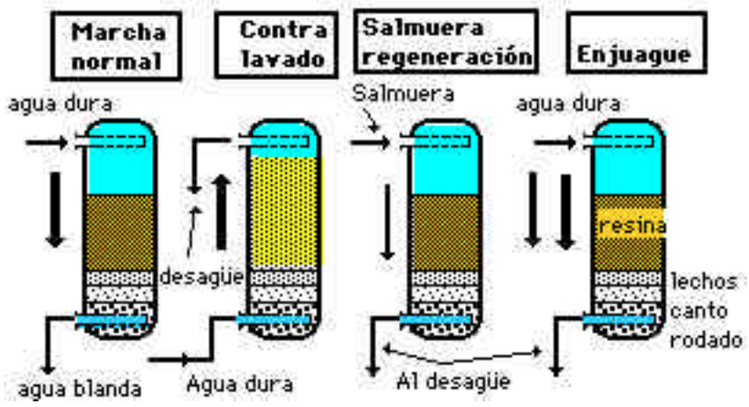
La medida (control) **de este límite, se podrá hacer con un salinómetro o conductivímetro, es muy importante mantenerse en el límite del T.S.D. , ya que un exceso de purga, significa una pérdida de calor , de agua y productos químicos innecesariamente. Pero la falta de purga, puede ser fatal, ya que la caldera no solamente se provocan espumas, sino que puede afectar su circulación interna y llegar hasta colapsar** (caso humo-tubular)**.**

Modulo 10-AHORROS EN EL MANEJO DEL AGUA

Puede hacerse el control manual del T.S.D. o con un sistema automático de regulación continua.



Recordar que el “ablandamiento” del agua por intercambio en ciclo sódico (ablandadores de agua regenerados con sal común), no bajan la salinidad del agua, solamente intercambian las sales de calcio y magnesio (sales incrustantes) por sales de sodio (sales no incrustantes, pero que deben ser limitadas por varias razones).



2- El límite de la Alcalinidad Total, puede también ser el limitante al % de purga, ya que si el agua de reposición tiene una Alcalinidad Total elevada, al fijar el límite de Alcalinidad Total en la caldera, puede que el % de purga sea mayor que el fijado por el T.S.D.. Este límite tiene muchísima importancia, ya que no solo fija la calidad del vapor, sino que interviene en los problemas de corrosión interna de la caldera, la formación de espumas o el colapso del hogar o quemado de tubos en una caldera acuo-tubular.

En el ejemplo anterior, la Alcalinidad Total se puede fijar en **900 ppm como Carbonato de Calcio** (CO3Ca), y si en el agua de reposición por ser de pozo tiene una Alcalinidad Total de 150 ppm (que **al ser ablandada** el agua **toda esta alcalinidad pasa a ser sales de sodio**, que elevan el PH de la caldera por sobre el límite aconsejado, en este caso podría ser PH 11,5 como máximo), **si calculamos los c.c., aún utilizando productos químicos que no elevan esta**

alcalinidad, a grosso modo, podemos establecer los c.c.:

900 / 150 = 6 c.c.

Es decir que si hoy teníamos 10 c.c. o 10% de purga, ahora tendremos que bajar a 6 c.c. o se 1/6 x100= 16,7 % de purga.

Por lo que el T.S.D. ya no será 3.000 ppm, sino :

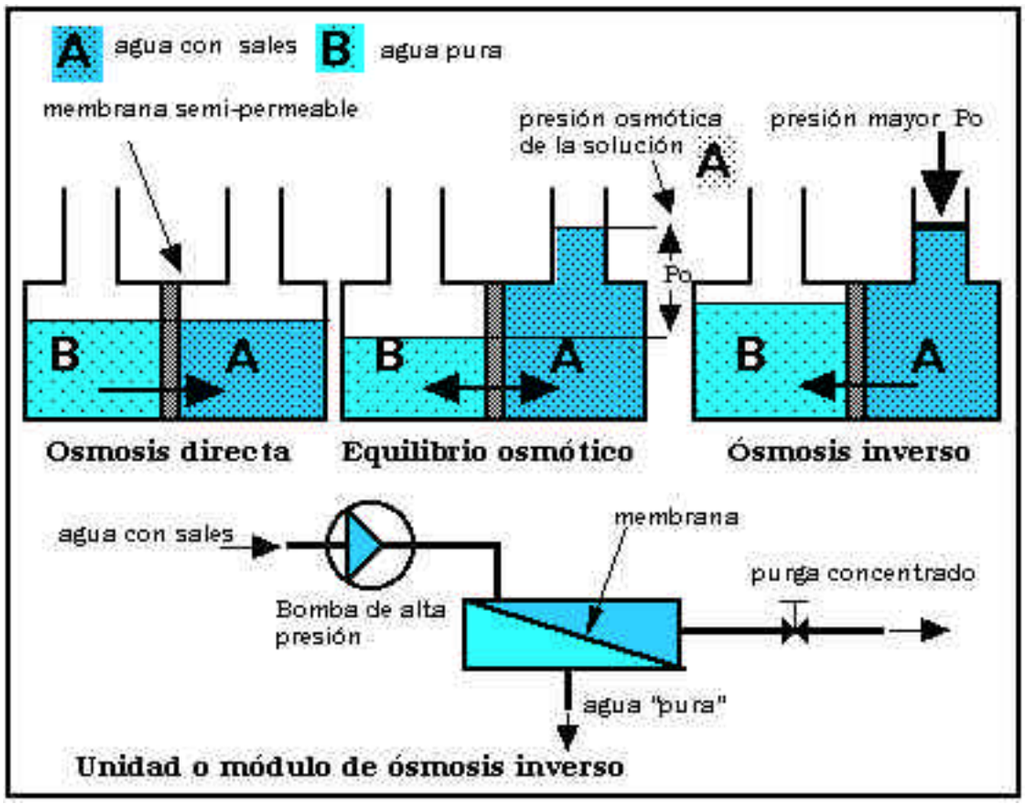
(200 + 100) x 6 c.c. = 1.800 ppm

O sea, que habrá que mantener el T.S.D. por debajo de 1.800 ppm, lo cual nos implica una mayor pérdida por purgas.

Por lo general las aguas de pozos es común encontrar aguas con Alcalinidad Total por sobre las 450 ppm, esto significa que para trabajar con estas aguas, sin correr riesgos, las purgas deben de desalojar más del 30% del agua de reposición.

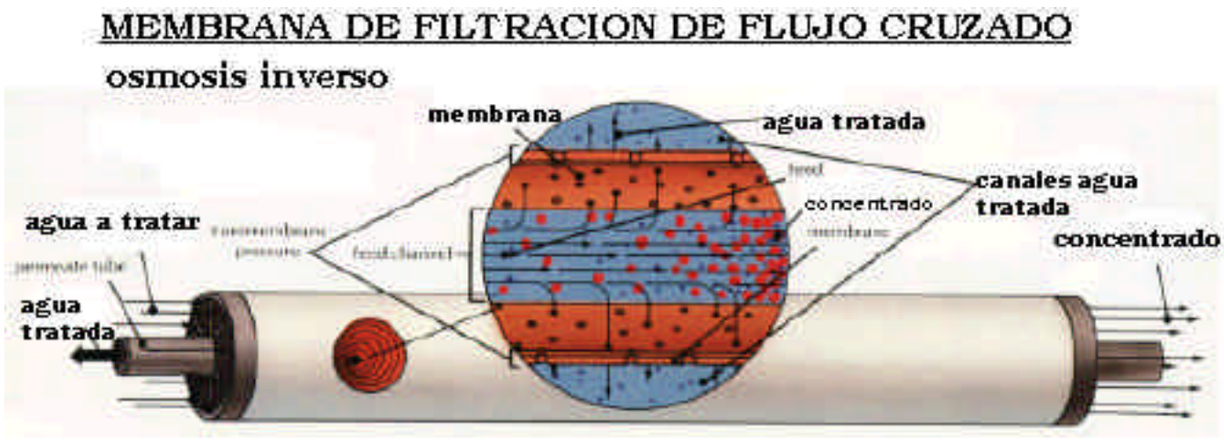
Aquí, la solución es buscar el **máximo retorno de condensado**, para **disminuir la reposición de esta agua de pozo**, la **utilización de productos químicos de tendencias a absorber este exceso de alcalinidad**, pero cuidando que dichos productos no sean corrosivos para la calderas y su sistema de alimentación.

La utilización de **ósmosis inversa** (forzar a presión el agua con alta salinidad, sobre un membrana orgánica, que en dichas altas presiones, **deja pasar el agua con un tenor menor de sales**, circulando el agua más concentrada a una purga, **repitiendo las etapas**, se logra bajar el tenor de sales a valores muy bajos), parece ser un logro adecuado para esta calidad de agua, pero todavía se está en una etapa de costos de implementación y servicio, que por lo general es todavía alto.



Según sea el número de pasadas por las membranas, más “pura” quedaría el agua tratada (lo que a veces es necesario en calderas de alta presión).

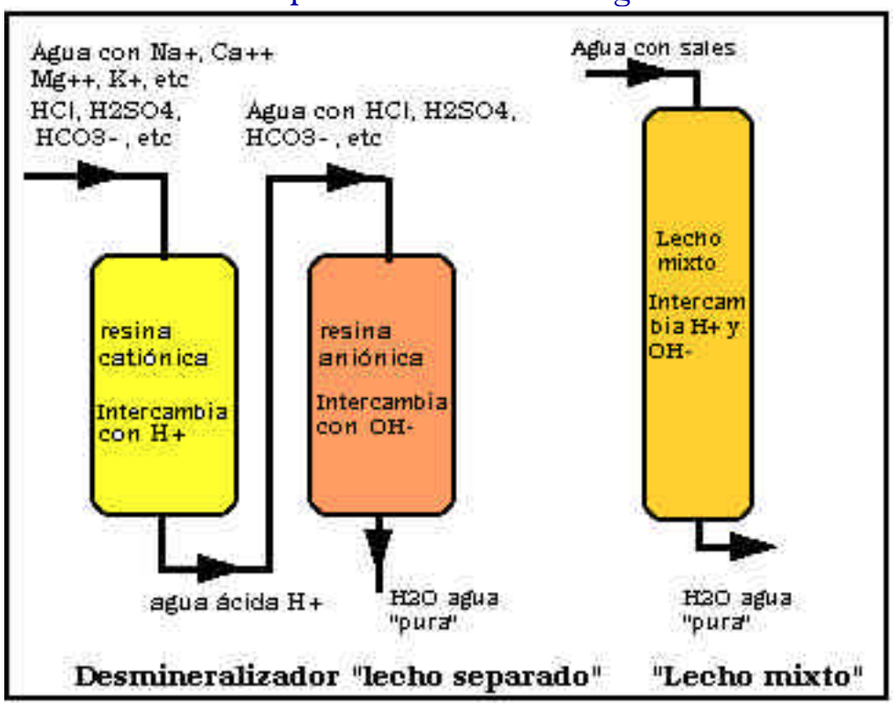
Modulo 10-AHORROS EN EL MANEJO DEL AGUA



El uso de “ósmosis inverso” es muy ventajoso, ya que hay menos “efluentes” como sobrantes de productos químicos (como sucede con la desmineralización, que se usan grandes cantidades de ácido sulfúrico o clorhídrico, y soda), **en el uso del “ósmosis inverso” tenemos un costo inicial importante y también un costo operativo** (de consumo eléctrico de las bombas de alta y media presión, de productos químicos anti-incrustantes, desinfectantes y de limpieza periódica de las membranas, además de la eventualidad de que hay membranas que se “perforan” y hay que cambiarlas, pero aún con todo esto, el ahorro de purga en las calderas y la utilización de aguas más “baratas” como aguas de pozos, permite un ahorro monetario muy importante, que hace que el sistema se pague en pocos meses).

La otra alternativa, **la desmineralización por intercambio iónico** (por medio de resinas aniónicas y catiónicas), es rentable en donde por razones operativas (altas presiones, vapor para turbinas de vapor, etc.), e**n plantas de baja presión por lo general no es rentable**.

La combinación de los dos últimos sistemas (ósmosis inversa e intercambio iónico), parece mejorar la rentabilidad en plantas de cierta envergadura.

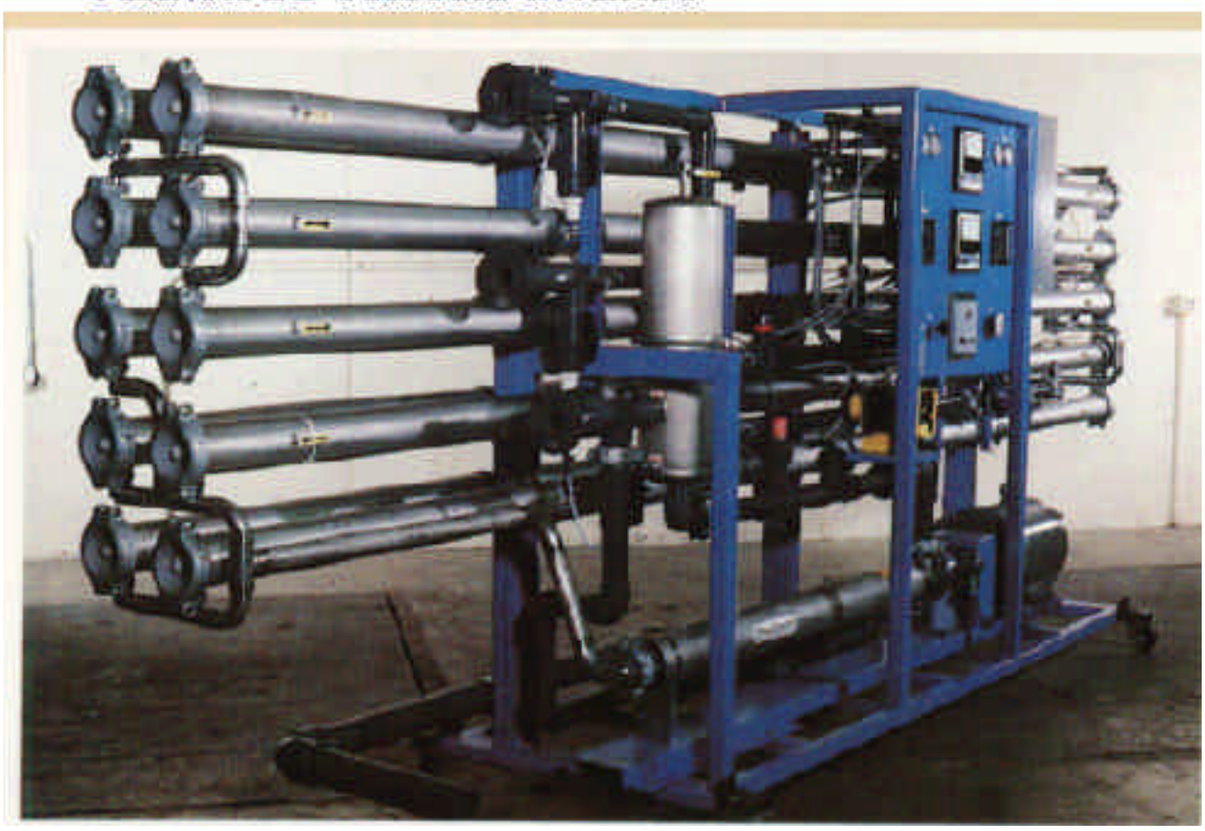


Se pueden hacer **plantas de precipitación química**, su costo de implementación y operación es alto, algo complicado el manejo, su resultado debe ser corregido por intercambio iónico para lograr valores de muy baja salinidad para media y alta presión. **Aquí volvemos que la recuperación de condensado es de importancia vital.**

Antiguamente se utilizaba la “destilación” del agua o sea “evaporar” el agua y usar su

condensado, pero que a medida que el costo de los combustibles subía, lo hacía cada vez menos aplicable el sistema (para mejorar la Eficiencia de estos destiladores, se usaban destiladores de varias etapas, o sea que el vapor del primer efecto evaporaba al segundo efecto y así hasta varios efectos, se usaban por lo general en los barcos a vapor para obtener agua destilada del agua de mar, aún en tierra, especialmente en el Golfo Pérsico se usaban grandes plantas de destilación para obtener agua potable del agua de mar, ya que en esa zona no llueve casi nunca, hoy en día se usa el “ósmosis inverso”).

PLANTA DE OSMOSIS INVERSO



De todas maneras, el ósmosis inverso y la desmineralización, pero especialmente el ósmosis inverso en la actualidad (con un costo más accesible, tanto en la adquisición como en la operación y mantenimiento), **es una buena fuente de ahorro al bajar el % de purga** (que baja por ello la pérdida de agua caliente, de agua en sí misma, de tratamiento químico interno, etc.).

3-La sílice será también un problema a considerar.

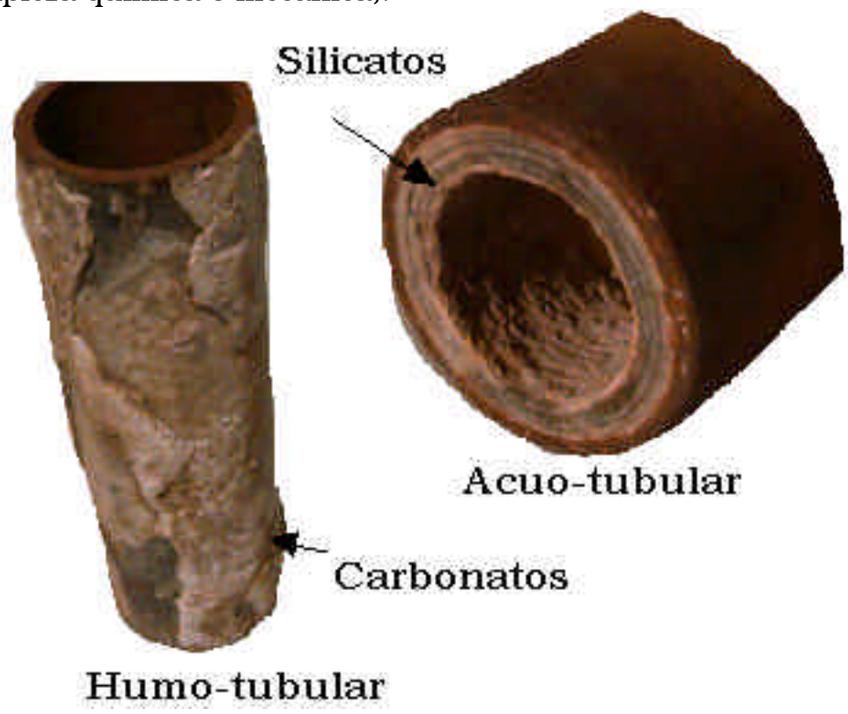
Su máximo está acondicionado por los parámetros anteriores (presión, tipo de caldera y calidad del vapor).

Las aguas de pozos, por lo general tienen más sílice (SiO_2), **que las agua de superficies, su extracción del agua es dificultosa** (por lo general obliga a un intercambio iónico de desmineralización, que tiene un costo importante de instalación y operación, o un sistema químico de precipitación, aún más complicado). **El problema de estas aguas se agudiza con las calderas de mayor presión, ya que la sílice llegado a un límite, empieza a vaporizar y se deposita en aquellas máquinas de vapor como las turbinas** (generando graves inconvenientes).

En baja presión, el problema es que la sílice puede incrustar la caldera si los c.c. no son respectados. Por lo general, en baja, al utilizar agua de pozo, solamente ablandada, no se llega a los límites problema (dado que los c.c. de la Alcalinidad son menores) **. Pero, si el agua es desmineralizada, en estos casos se trabaja con muchos c.c., pero, dado que la resina aniónica es por lo general la primera en tener problemas** (fouling o mala regeneración si se hace con la soda fría), siendo esta resina la que intercambia la sílice, ocurre que **el primer elemento que se “escapa” es la sílice y esta no es detectada por**

conductividad, y al estar muy ciclada la caldera, se puede formar una incrustación casi imposible o imposible de sacar por medio químicos o mecánicos.

La gran ventaja del uso del ósmosis inverso, es que la sílice (SiO2)**, no es uno de los primeros elementos que se pierden** (se pierden los átomos mono-atómicos, como el sodio y el cloro), **pero cuando se usan plantas desmineralizadoras de intercambio iónico, uno de los elementos que pueden pasar inadvertidos son la sílice** (SiO2), **debido a que por lo general ocurren “contaminaciones”** (“fouling”) **en la resina aniónica, por lo que la sílice pasa como primer elementos de pérdida que no es detectado por los conductivímetros** (salinómetros que detectan las sales por conductividad eléctrica), **por lo cual hay que tener la precaución de medir la sílice cada tanto aunque la conductividad sea muy baja** (alta resistencia). **La resina aniónica debe ser regenerada con soda con cierta temperatura para que regenere la capacidad de intercambiar la sílice** (de lo contrario corremos el riesgo de que la misma no sea intercambiada en la resina aniónica, como el ejemplo de la derecha, en que un tubo de una caldera acuto-tubular se encuentra incrustado y que es casi imposible su limpieza química o mecánica).



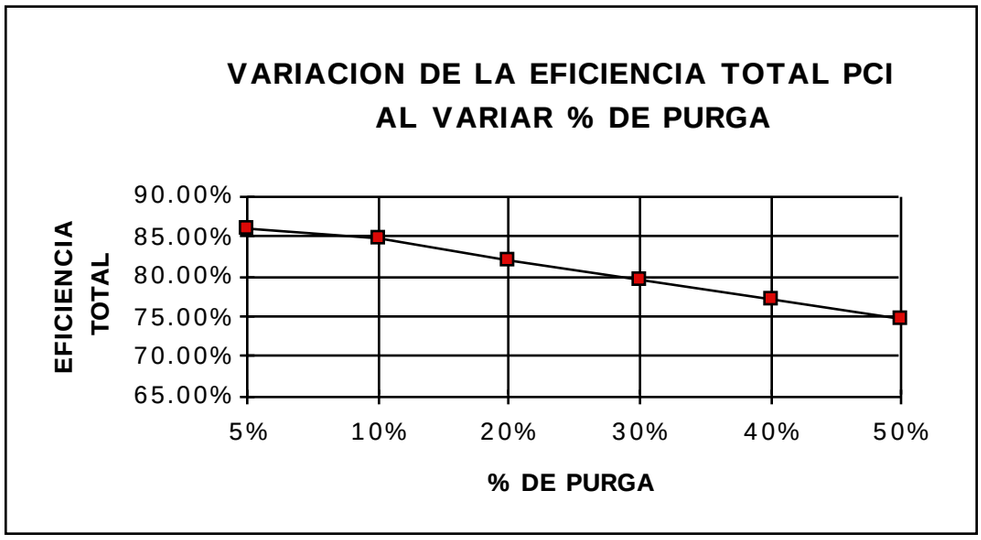
La incrustación con sílice, sumamente dura y aislante, es muy dificultosa su extracción, por lo que es un elemento muy importante a considerar.

A veces, algunas aguas de recuperación en algunos tipos de industria, los condensados de recuperación y las aguas de **evaporación de los propios productos** (concentración de leche, azucares, etc.), si bien tienen casi nula presencia de sales conductoras, pueden provocar incrustaciones de silicatos, muy difíciles de extraer (no olvidar que cuando se trabaja con aguas de muy baja salinidad, lo ciclos concentración se disparan, llegando muy alto valores, lo que provoca que aún con pequeñas cantidades de sílice, una acumulación en la caldera, que termina provocando su incrustación con silicatos de muy difícil extracción).

Como vemos, debemos purgar lo menos posible, pero teniendo en cuenta que si no se purga lo suficiente, se arriesga con ello la integridad de la caldera (incrustación, corrosión, espumas, efecto “priming” o hasta colapso)**, no debe hacerse a cualquier costo la disminución de purga** (marcar bien los parámetros físico-químicos de seguridad), **la pérdida de vidas humanas o el daño a las personas puede ser muy grande, o los costos de reparación.**

Veamos la incidencia del % de purga en la Eficiencia Total (en una caldera de 10.000 Kg/h,, trabajando a 10 Kg/cm2, con un exceso de aire del 25%, con agua de alimentación a 75ºC, con un carga de marcha del 80%, quemando F. Oíl pesado (para facilitar el cálculo se supuso que la temperatura de chimenea fue constante en 260ºC , temperatura ambiente 20ºC, recordar que la temperatura de chimenea variaría al variar la potencia de fuego con la carga).

Modulo 10-AHORROS EN EL MANEJO DEL AGUA



El error más común es creer que al usar agua de pozo, haremos un ahorro importante.

Esto puede ser cierto si el agua que se “compra” al servicio de aguas potables es caro y se usan ablandadores en vez de “ósmosis inverso” (aunque hay que considerar que no toda el agua a tratar en el “ósmosis inverso” se “purifica”, sino que hay un % que se “tira”-un 20% a40%) por su concentración de sales que fueron extraídas del agua tratada, este % depende de la calidad inicial del agua a tratar y de la calidad del agua desea, o sea los pases de membrana que se necesitan para lograr la “pureza” deseada).

EJEMPLO:

Siendo lo más común utilizar “ablandadores de agua” a base de resinas de intercambio iónico, regeneradas por cloruro de sodio (sal común), agua que quedará libre de sales incrustantes pero mantendrá su salinidad total, con el solo hecho que las sales de calcio (Ca) **y magnesio** (Mg) **se transformarán es sales de sodio** (Na).

Veamos el ejemplo anterior, suponiendo dos calidades de agua, **usando ablandador de agua en los dos casos** :

agua superficial (agua potable de OSE Montevideo : T.S.D. 180 ppm, Dureza Total 90 ppm, Alcalinidad Total 90 ppm, Sílice 15 ppm en un momento dado, esto depende de las lluvias, de acuerdo a las estaciones o temporadas, lluviosas o de seca, las salinidades bajan o suben).

agua de pozo : (pozo promedio : T.S.D. 750 ppm, Dureza Total 300 ppm , Alcalinidad Total 450 ppm, Sílice 25 ppm .

En la caldera anterior, **con agua superficial**, la limitante a los ciclos de concentración (c.c.) será el T.S.D. más los productos químicos (aprox. 100 ppm) , tomando como límite del T.S.D. a 3.000 ppm, los

c.c. = 3.000/(190 + 100) = **10 c.c.** , o sea que el % de purga será igual 1/10 x 100= **10% porcentaje de purga sobre agua de reposición.**

Si utilizamos el agua de pozo, podremos tener, también como limitante de los c.c. el T.S.D o sea c.c. = 3.000/(750+100)= 3,5 c.c. o que equivale a 1/3,5 x 100= **28,5% de purga sobre el agua de reposición.**

Pero no es así, la parte más limitante es la alta alcalinidad del agua de pozo, que magnifica el problema (vamos a suponer que **no** tenemos retorno de condensado**,** que es agua pura, muy deseable para evitar este problema). Pero debemos de tratar el problema de la alcalinidad, que si los productos químicos no la controlan, los c.c. no deberían ser más de 2 c.c. (o sea una purga de 50% sobre agua de reposición), **ya que la Alcalinidad Total máxima debería ser de 900 ppm** (como CaCO3).

Si la caldera funcionando con agua superficial, produciendo **6940 Kg./hora de vapor**, en este caso el combustible (F.Oíl) por hora = **518 Ltrs/hora** (13,76 Kg. de vapor / Kg. de F. Oíl).

Pero si nos pasamos a agua de pozo y manteniendo la misma cantidad de vapor, el F. Oíl por hora pasa a ser 565 Ltrs. /hora (ya que solo produce 12,65 Kg. vapor / Kg. de F. Oíl). **Debido al aumento de purga ha bajado la EFICIENCIA o rendimiento del combustible** (pasamos del 10% al 28,5% de purga). Hemos supuesto que no recuperamos el calor de las purgas.

Es decir que perdemos 13,79-12,68= 1,14 Kg. de vapor por cada 1 Kg. de F. Oíl. (o litro de F.Oíl pesado, dado que el peso específico está próximo a 1).

Si lo miramos, considerando la EFICIENCIA TOTAL, las mismas son para el agua superficial **84,47%** , para el agua de pozo **77,51%**

Si calculamos el ahorro de combustible al pasar de agua de pozo al agua superficial ((84,47-77,51)/84,47) x 100 = **8,2%**

No hemos considerado <u>las pérdidas en la propia agua</u>, que veremos a continuación:

Pero, aunque recuperemos el condensado en un %, debemos de ser cuidadosos con el costo del agua de pozo versus el agua comprada (superficial).

Veamos los costos:

El agua de pozo tiene un costo de bombeo muy bajo por lo general.

La purga del agua de pozo será del 28,5% contra el agua superficial con un 10% , **lo que significa, que por cada 1.285 Ltrs. de agua de pozo** (que debemos tratar), **trataremos 1.100 Ltrs. de agua superficial.**

Costo del ablandamiento

Agua de pozo : 1.285 Ltrs. .....**2,1 Kg. de sal**

Agua superficial : 1.100.....**0,27 Kg. de sal**

O sea que ya nos cuesta el agua de pozo casi 2 Kg. de sal por m3 de agua de vapor producido.

Costo de combustible (debido a las purgas)

Agua de pozo.....8,2% más combustible

Costo de productos químicos

Por lo general el agua de pozo es más caro su tratamiento químico interno, no solamente porque es más cantidad de agua a tratar, sino porque los productos químicos son de más costo básico (para mantener el control de la alcalinidad).

Costo de caldera: hay un “achicamiento” de la caldera, ocupada por la pérdida de calor por la purgas.

Costo de los riesgos : hay riesgos de corrosión, espumas, arrastres o riesgo de colapsado (muchísimo más alto que cuando usamos agua superficial)**.**

<u>Por las razones anteriores, se debe de ser muy cauto para usar agua de pozo cuando hay disponible para la caldera aguas superficiales de baja salinidad.</u>

Demás está decir, que si se dispone agua superficial en la propia planta, muchas veces es muy buen “negocio” hacer el tratamiento de dicha agua para uso industrial (clarificación y filtrado), ya que el costo por lo general es menor que el agua “comprada”.

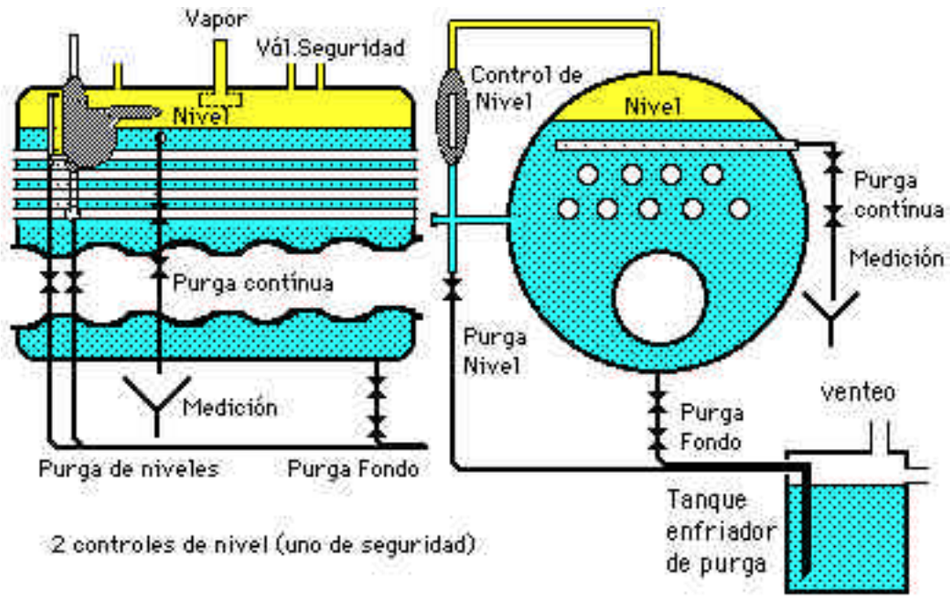
OSMOSIS INVERSO

Utilizando “ósmosis inverso” en vez de “ablandamiento”, en ambos casos anteriores presentados (que solo ablandabamos el agua, recordar que la presión de trabajo de la caldera humo-tubular es de 10 Kg/cm2) **bajamos el contenido de sales en el agua a valores muy bajos** (con una sola pasada por la membrana del “ósmosis inverso”, en el agua superficial bajamos a menos de 10 ppm y con el agua de pozo podemos bajar a menos de 40 ppm, con la ventaja en que en ambos eliminamos las sales que contiene la **dureza del agua y la sílice**, pero de todas maneras aconsejo limitar los “límites” en los ciclos de concentración en el **T.S.D.** de acuerdo a los siguientes valores: con desareadores (al usar poco sulfito) a menos de 1.000 ppm el T.S.D. o sea menos de 1.500 μS, **si no tenemos desareador y usamos más cantidad de sulfitos**, podemos elevar el T.S.D. a 2.000 ppm o sea 3.000 μS). En una palabra, limitar los ciclos de concentración a unos 20 c.c. en ambos casos aprox. y controlar permanentemente la calidad del agua del “ósmosis inverso” por si se perfora alguna membrana o si las mismas comienzan a tener pérdidas por falta de mantenimiento químico.

El hecho que propongamos mantener un máximo de 20 c.c. se debe a que no debemos de perder de vista que también los “condensados” se concentran al aumentar los c.c., lo que puede llevarnos a que si los condensados tienen “pequeñas trazas” de elementos perjudiciales para el comportamiento de la caldera, se hace necesario un cierto régimen de purga, o sea un máximo de c.c. que permita expulsar no dejando concentrar estas “trazas” contaminante en el agua de caldera.

Con esto significa (20 c.c.) que se bajan las purgas a menos del 5% del agua de reposición, se bajan los consumos de productos químicos, se baja el consumo de combustible que se pierde por las purgas, no se consume sal de regeneración (sí hay un consumo de un polímero anti-incrustante y los productos químicos de limpieza periódica, además de la energía a utilizar en las bombas y el agua de purga cargada de las sales que eliminan del “agua tratada” o “permeada”.

De todas maneras, si no consideramos el costo inicial prohibitivo, podemos pensar que este es el mejor sistema de preparación del agua de reposición, tanto sea de superficie como de pozo. Especialmente, cuando las calderas trabajan con más presión, se hace imprescindible la “ósmosis inversa” porque de lo contrario la otra única solución viable hoy en día es el intercambio iónico (que tiene muchas contras de consumo producos químicos de difícil manejo, operativos y de efluentes contaminantes) . Por supuesto que los límites de calderas de mayor presión serán más bajos a medida que aumenta la presión y en algunos casos será necesario tener un “lecho mixto” de desmineralización luego del “osmosis inverso” para eliminar las pérdidas de las membranas a un valor casi cero.

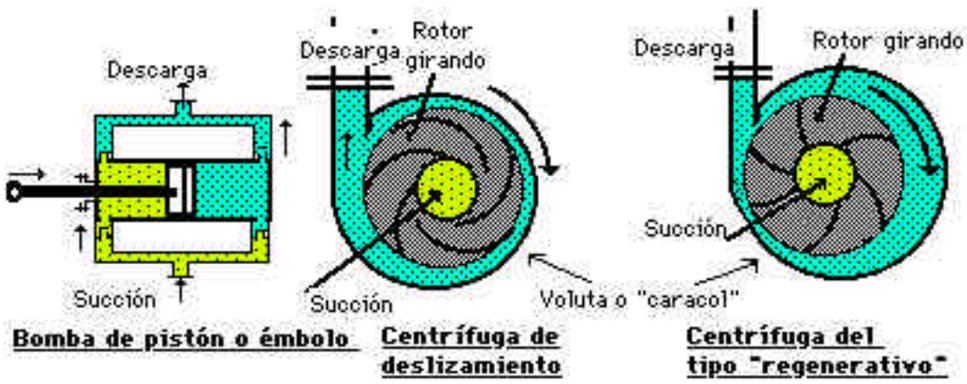


PERDIDAS EN LOS SISTEMAS AUXILIARES DE LA CALDERA

1- Pérdida en las bombas de alimentación:

Las bombas son a tener en consideración en cuanto a la energía que consumen, **dado que no solamente como son en si mismas en referencia a su propia Eficiencia** (hablamos de la energía que utilizan para bombear un determinado volumen de agua a una presión), **a la forma en que están instaladas** (cañerías, fitting, tanque de suministro) **o forma de operación** (modulación continua, prende y apaga - ON-OFF- , con by-pass de retorno, etc.).

a- La eficiencia de la bomba, se encuentra por lo general en un punto o zona de cruce entre una determinada presión y un volumen de agua a bombear por hora. Será de suma importancia trabajar en el entorno de dicha máxima Eficiencia, de manera de utilizar la mínima energía.



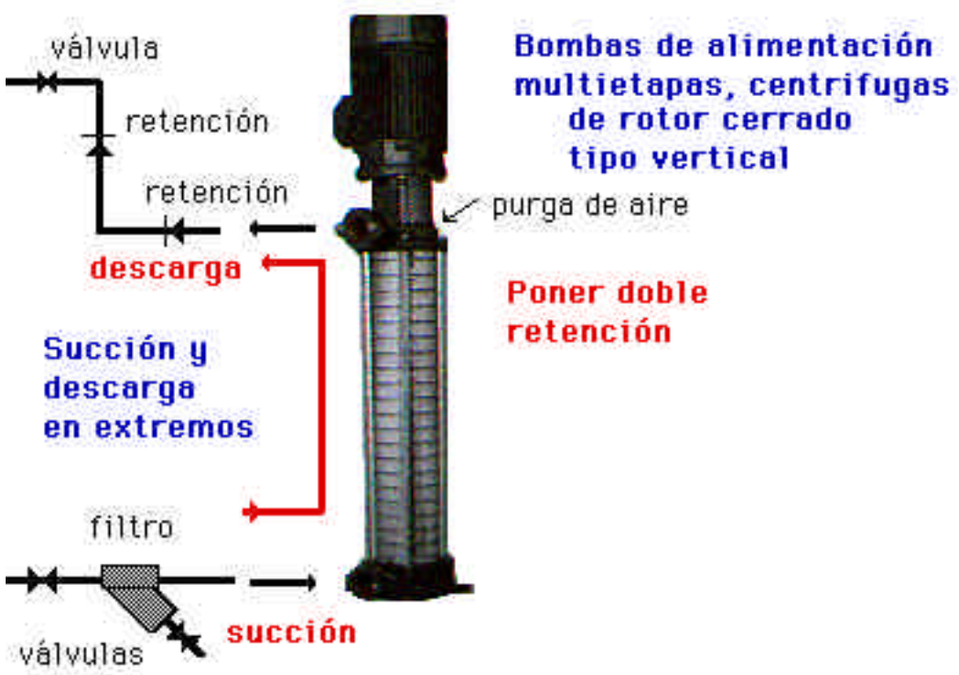
Pero hay diversas bombas de alimentación, en calderas, que utilizan distintos principios de funcionamiento :

1-Bombas centrifugas (deslizantes).

Estas bombas transmiten la energía entre una reacción del rodete y la envolvente o carcaza de la bomba (utilizando la fuerza centrífuga en buena parte), permitiendo “deslizar” el rodete al cerrar la circulación de agua del lado de la descarga. **Su característica es que a mayor presión** (cerrando la descarga) **disminuyen el consumo de energía.** Por lo que estas bombas **son ideales para ser instaladas como bombas de alimentación continua** (puede ser comandada por una válvula motorizada o simplemente con un flotador-sistema STEPS-, que resulta muy interesante por su simplicidad). Aquí la bomba gasta una energía fija en vencer su propio trabajo interno, la energía en el bombeo necesario a cada condición de alimentación y una pequeña cantidad de energía en establecer un pequeño flujo de retorno al tanque, **para mantener la refrigeración** interna al cerrar del todo el sistema de alimentación (aproximadamente de un 5%).

Estas bombas centrifugas (deslizantes), **tienen grandes diferencias de eficiencia entre los distintos suministros** (fabricantes locales o internacionales)**. Actualmente se logran altísimas Eficiencias con bombas diseñadas y fabricadas por computadoras** (son de metal forjado, antes por lo general eran de fundición de hierro y bronce, cuyos elementos internos era difícil lograr la forma y la terminación de las superficies adecuadas al flujo hidráulico. La crítica a estas nuevas bombas es que deben ser instaladas correctamente (no deben funcionar sin agua, o con vapor a contraflujo-rotura de retenciones- por lo **que si esto ocurre, la bomba se estropea.** Por eso es conveniente este tipo de bomba moderna (como la indicada en la figura), instalarla con 2 retenciones , un buen y generoso filtro de succión, una cañería de succión de buena dimensión y baja pérdidas de carga, con el tanque de alimentación a no menos de 5 m. de altura.

Modulo 10-AHORROS EN EL MANEJO DEL AGUA



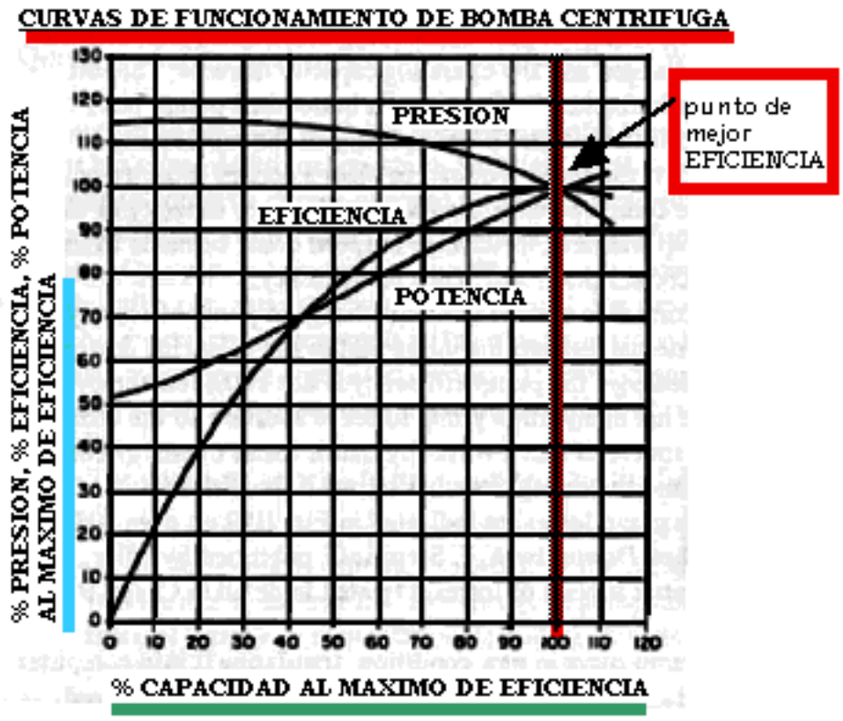
Siempre que se compren bombas de alimentación se debe aclarar que funcionarán a una temperatura tan elevada como 100°C .

Nunca se deberá funcionar las bombas sin agua, el agua es su lubricación y enfriamiento.

La alta temperatura del agua, casi o en la ebullición, no solamente deberán manejar el problema de la cavitación, sino los sellos y empaquetaduras, estarán sometidos a una temperatura alta por la fricción que produce calor, ya que la propia agua por lo general ofician de lubricante y de enfriador.

El uso de sello en las bombas de alimentación, mejoran la Eficiencia global, ya que no habrá pérdidas de agua (agua tratada, agua caliente, etc.). **Además los sellos tienen menos pérdida mecánica** (menos energía perdida), **no tienen mantenimiento periódico** (con gastos de trabajo operacional, parada o material a reponer). Pero, si el sello falla, por lo general, se deberá cambiar.

Modulo 10-AHORROS EN EL MANEJO DEL AGUA


CURVAS DE FUNCIONAMIENTO DE BOMBA CENTRIFUGA
% PRESION, % EFICIENCIA, % POTENCIA AL MAXIMO DE EFICIENCIA
PRESION
EFICIENCIA
POTENCIA
punto de mejor EFICIENCIA
% CAPACIDAD AL MAXIMO DE EFICIENCIA

En el gráfico anterior, las curvas trazadas, no son las curvas reales de presión, potencia y eficiencia, sino que son los % relativos. Por ejemplo: la eficiencia máxima real de la bomba puede ser 60%, pero en el gráfico este 60% está representado por el 100% o punto de máxima eficiencia, la presión que corresponde al 100%, es la presión en este punto (que puede ser 10 Kg/cm2 o cualquier otro valor correspondiente a dicha bomba), así la potencia de este punto, será la 100% (que puede ser 5 Kw u otro valor correspondiente) y la capacidad en este punto, también la hemos tomado como el 100%. Generalmente las curvas que entregan los fabricantes, son las curvas reales, en las cuales habrá que buscar el punto de mayor eficiencia versus la presión, para una determinada capacidad, el cual corresponde una determinada potencia (Kw o HP).

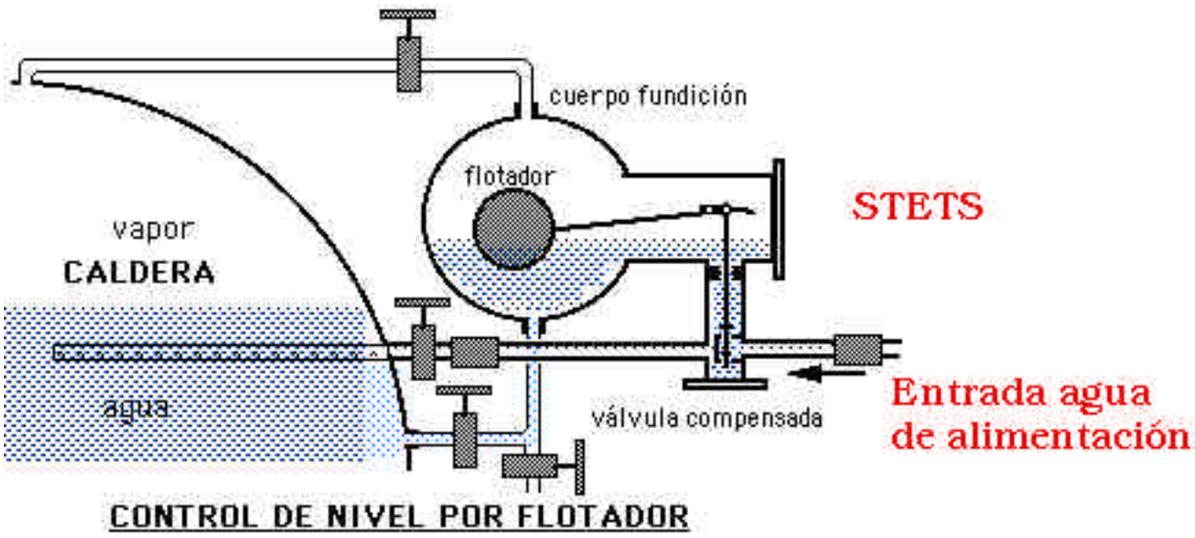
Las curvas de las bombas centrifugas (presión versus potencia y Eficiencia, también puede estar las curvas de las características de succión: el NPSH o la curva de succión)**, nos permiten la elección de la bomba más adecuada, para no perder energía.**

Debemos recordar, que las bombas en la actualidad, en la mayoría de la plantas de vapor, son con propulsión **eléctrica**, **una energía más cara que el vapor que generamos, por lo tanto, con más razón debemos de buscar la máxima Eficiencia en su utilización.**

Lo primero es buscar la presión y dimensión más adecuada, esto depende de la presión de la caldera, y de la forma de operar la alimentación (continua o todo-nada).

La alimentación todo-nada (ON-OFF) **aparenta ser más económica que la alimentación continua modulada.** Muchos parámetros deberán ser tenidos en cuenta para poder evaluar esto, **pero a veces no hay alternativa, especialmente cuando la caldera ya tiene cierta dimensión y el tipo de proceso lo exige, la alimentación continua es inevitable.** (yo diría que a partir de los 4.000 Kg/hora de vapor, en donde se necesita calidad de vapor, tanto en presión como en humedad, además de una buena respuesta, la única **alternativa lógica es la alimentación continua**, además la caldera sufre menos choques térmicos, recordar que la baja temperatura que entra el agua de alimentación respecto al agua de caldera, al ser continua la alimentación su volumen instantáneo es menor que el volumen cuando alimenta todo o nada, lo que disminuye el choque térmico).

Modulo 10-AHORROS EN EL MANEJO DEL AGUA



El sistema de control de nivel por flotador (tipo STETS), es el sistema más simple de modulación continua de alimentación, usando un flotador y una válvula compensada, se puede trabajar con calderas de hasta más de 15 Kg/cm2 y caudales de más de 20 tn/hora. Si bien tienen un costo inicial importante (por el tamaño del cuerpo), **luego será un sistema sin problemas, sin costo operativo y con fácil mantenimiento** (inspección anual, ya que las parte con posibles desgastes son de materiales especiales). **Este sistema, en mi opinión es el mejor sistema para baja presión, sin consumo de energía y sin casi atención.**

Modulo 10-AHORROS EN EL MANEJO DEL AGUA

Si la **alimentación es continua, no debemos de exagerar con la presión y el exceso de caudal de la bomba, ya que lo que debemos cubrir son las pérdidas de carga más la presión de la caldera, para mantener el máximo caudal de alimentación de agua, eligiendo la bomba en cuyo punto operará con máxima Eficiencia** (antiguamente, al ser las bombas de fundición de hierro y bronce, dado al desgaste que estaban sometidas por corrosión y erosión, especialmente en los aros de desgaste, se disponía de una bomba de mayor capacidad, de manera de ir absorbiendo con los años este desgaste que bajaba la capacidad de la bomba y su presión - **aumentando el consumo de energía al producirse la recirculación interna**-, hoy en día con las bombas actuales la situación es diferente, **cuando hay desgaste la bomba no funciona**, ya que los materiales son anti-corrosivos y de pequeña pared, pero de larga vida).

Si la bomba operara todo-nada (ON-OFF), **la capacidad de la bomba casi siempre duplica la capacidad máxima de la caldera** (la bomba trabaja el 50% del tiempo a la capacidad máxima de vaporización)**. Para que esto ocurra, la bomba opera con una presión más alta** (el punto de mejor Eficiencia de la bomba estará próximos al doble del caudal máximo de vaporización y la presión lo suficiente para lograr este propósito, por lo general casi una vez y media la presión de trabajo de la caldera).
En este caso se debe de **tener mucho cuidado de evitar las condiciones de cavitación** (formación de burbujas que colapsan en el interior de la bomba, quitándole capacidad y provocando un consumo de energía extra al necesitar mayor tiempo de bombeo, además de terminar en muchos casos destruyendo la bomba). La cavitación es producto de varias causas :

a- del diseño de la bomba (adecuada para agua caliente
b- de la altura del tanque de alimentación sobre la succión de la bomba (dependiendo de la temperatura del agua, a 100ºC esta altura será por lo menos 5 m.).
c- de la pérdida de carga en la línea de succión.

Esta última puede tener consecuencias catastróficas, ya que por algún lugar **puede provocarse succión de aire por estar por debajo de la presión atmosférica** (como ser en el sello de la bomba, empaquetaduras de válvulas o pequeñas pérdidas), **este oxígeno que entra con el aire, atacará a la caldera y especialmente al sistema de distribución** (aumentando el efecto de corrosión por CO2), **además, lograr mantener un residual de productos secuestrantes de oxígeno** (como sulfito u otros), **será casi imposible** (o con grandes cantidades de productos químicos).

b-Bombas semi-regenerativas.

Estas bombas, utilizan parte de la energía centrífuga, pero más que nada el **choque de la velocidad del agua en un cambio de dirección**, cosa que hace que se logren grandes presiones, **pero que no se pueden controlar en el caudal cerrando el flujo a la descarga**. La única forma de controlar su flujo, es **la derivación de parte del flujo al tanque de alimentación, cosa que hoy no tiene sentido económico, ya que es una energía perdida.**
Son buenas bombas para el funcionamiento todo-nada (ON-OFF), **pero sus rendimientos no son atractivos**, ya que al producirse desgastes, pierden su capacidad de bombeo rápidamente. Fueron usadas con bastante frecuencia, ya que su costo de fabricación era bajo (generalmente los rotores son maquinados) , pero para el usuario, **su costo operativo es muy alto**.
También existe el falso concepto que bombean aguas “turbias” (esto en caldera ocurre cuando el tratamiento químico está mal encarado y se producen precipitaciones en el tanque de alimentación), **las bombas regenerativas tienen luces laterales en los rotores** (que son flotantes en cada cámara o evoluta), **estas pequeñas luces tienden a agrandarse por el desgaste de erosión que producen las partículas que han precipitado** (siempre hay una superficie dura-fundición- contra una superficie blanda, generalmente un bronce, para evitar el desgaste metálico en lo posible por la fricción entre los metales, que tiende a separarse por el agua,cuando la bomba está en funcionamiento, lo que lubrica y enfría), **este desgaste provoca que la bomba pierda capacidad, presión y eleve su costo operativo.**

Modulo 10-AHORROS EN EL MANEJO DEL AGUA

c-Bombas de desplazamiento positivo. (“burritos de vapor”).

Estas bombas, por lo general, para alimentación de caldera, son a pistón, son de gran tamaño constructivo, mucho mantenimiento y un **alto costo operativo.** Se usaron mucho en el pasado, ahora pueden ser usadas como **bombas de emergencia** (accionadas a vapor) en las calderas que queman celulósicos.

d-Inyectores de alimentación.

Aparentemente son atractivos, ya que utilizan el propio vapor de la caldera para inyectar el agua, **pero, solo son capaces de “bombear” inyectando agua relativamente fría.** Se necesita un diferencial térmico para provocar el cambio de energía térmica del vapor en energía mecánica para elevar la presión del agua de alimentación para vencer la presión en la caldera y poder alimentar, por eso se necesita un tanque auxiliar con agua fría ablandada para el inyector cuando se usa de emergencia**, cosa que no es adecuado hoy en día en la operación de una caldera.** Con agua fría estamos perdiendo la oportunidad de recuperación del calor del condensado, introduciendo oxígeno a la caldera (que debemos combatir con productos químicos). Los inyectores, además, si son operados con aguas duras, deben ser mantenidos (desincrustados), dado que se incrustan sus pequeños conductos interiores. Pueden ser una buena alternativa para usarlos como **alimentación de emergencia** en las calderas de quema de celulósicos (en vez de usar “burritos” : bombas alternativas).

En resumen :
alimentar una caldera tiene un costo, del tipo de bomba y forma de operación, será su resultado económico. Buscar la simplicidad y el bajo costo, es muy importante. Puede haber sistemas de alimentación muy sofisticados, automatizados, etc. pero **que tienen un costo inicial alto y luego un costo de mantenimiento importante** (con personal altamente especializado), **por ello hay que ser muy cauto al elegir.**